

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-174954
 (43)Date of publication of application : 24.06.1994

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 05-176974

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 16.07.1993

(72)Inventor : SASAOKA HIDEYORI
 KANAMORI HIROO
 SUGANUMA HIROSHI
 ISHIKAWA SHINJI
 SAITO TATSUHIKO

(30)Priority

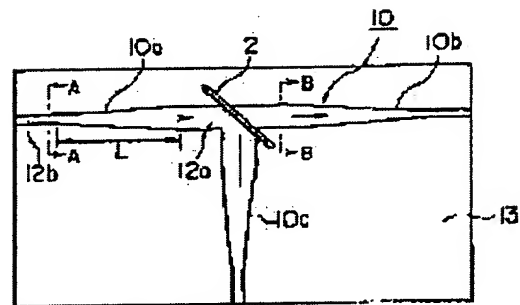
Priority number : 04270245 Priority date : 08.10.1992 Priority country : JP

(54) OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To hardly receive the influence of working accuracy and to lower the transmission loss according to insertion of a functional part by making the light power distribution of the part inserted with the functional part larger than the light power distribution of the other parts.

CONSTITUTION: This optical waveguide device is constituted of a T-shaped flush type optical waveguide 10 and a half mirror 2 which is the functional part inserted into the intersected part thereof in the case of the optical waveguide device of, for example, a parts insertion type having an optical branching function. The width of the core parts 12 of the respective optical waveguides 10a to 10c on the incident side, transmission side and opposite side of the functional part is expanded to a taper shape toward the part inserted with the functional part formed to a T shape. As a result, the light power distribution width in the insertion part on the two peripheries of the half mirror is larger than the distribution width of the other parts exclusive of the insertion part. The light power distribution of light expands horizontally the nearer the half mirror 2 when the light is made incident on the incident side optical waveguide 10a. Then, the light propagates with low loss to the respective optical waveguides 10a to 10c even if there is an accuracy defect in the insertion position and the optical axis is mis-aligned.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-174954

(43)公開日 平成6年(1994)6月24日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 B 6/12

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

D 9018-2K

A 9018-2K

審査請求 未請求 請求項の数5(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平5-176974

(22)出願日 平成5年(1993)7月16日

(31)優先権主張番号 特願平4-270245

(32)優先日 平4(1992)10月8日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 笹岡 英資

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 金森 弘雄

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 菅沼 寛

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

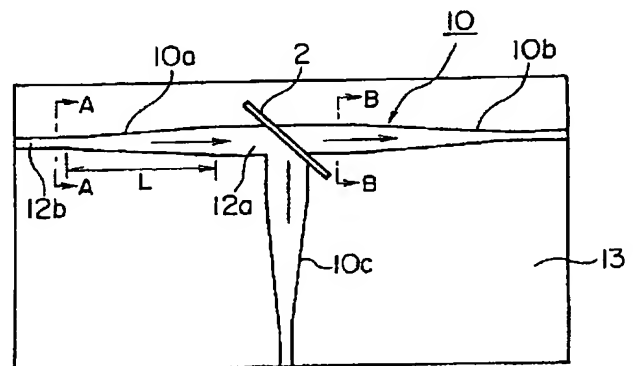
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光導波路装置

(57)【要約】

【目的】 製造工程における加工精度の不良に影響されにくい低損失の光導波路装置の構造を提供する。

【構成】 機能部品2の挿入部分における光導波路10のコア部12aの幅を、挿入部分以外の部分におけるコア部12bの幅と変えることにより、挿入部分における光導波路10の光パワー分布を広げ、これにより光結合損失の光軸ずれ依存性を小さくすることで機能部品2の挿入工程における位置の精度不良に伴う光結合損失を抑える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光を伝搬する光導波路と、該光導波路の線路中に挿入された機能部品とからなる光導波路装置において、

前記光導波路は、前記機能部品が挿入される挿入部分における光パワー分布が、該挿入部分以外の部分における光パワー分布よりも大きいことを特徴とする光導波路装置。

【請求項2】 前記光導波路は、機能部品が挿入される前記挿入部分をその線路中に複数有しており、該各機能部品間を結合している該光導波路の光パワー分布が、前記挿入部分における光パワー分布と略一致していることを特徴とする請求項1記載の光導波路装置。

【請求項3】 前記光導波路のコア幅は、機能部品が挿入される挿入部分であって、該機能部品への入射側及び出射側におけるコア幅が、該挿入部分以外の部分のコア幅よりも大きいか、あるいは該挿入部分以外の部分のコア幅よりも小さいことを特徴とする請求項1又は2記載の光導波路装置。

【請求項4】 前記光導波路のコア幅は、機能部品が挿入される挿入部分近傍であって、該機能部品への入射側及び出射側において、テーパ状に変化していることを特徴とする請求項3記載の光導波路装置。

【請求項5】 前記光導波路のコア部とクラッド部との間の比屈折率差は、機能部品が挿入される挿入部分であって、該機能部品への入射側及び出射側における比屈折率差が、該挿入部分以外の部分の比屈折率差よりも小さいことを特徴とする請求項1又は2記載の光導波路装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 この発明は、光導波路の経路中に光の分岐、結合或いはスイッチング等を行う機能部品を挿入して構成される光導波路装置の構造に関し、特に低損失な当該装置の製造を容易にするための構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 ミリメートルオーダーの小さな部分において光の分岐、結合或いはスイッチング等を行う光デバイスは、光通信システムや光センサ等の小型化、高機能化において極めて重要なものである。かかる光デバイスとして、近年、光導波路中に分岐、結合或いはスイッチング等を行う機能部品を挿入して構成されるいわゆる部品挿入型の光導波路装置が注目されている。

【0003】 上記光導波路装置において光の分岐、結合等の機能を実現する方法としては、従来から導波路基板上に方向性結合器、あるいはY分岐、X分岐等の構造を有する光導波路パターンを作製して実現する方法が行われており、また、スイッチングの機能を実現する方法としては、上記方向性結合器における伝搬定数を変化させ

ることにより実現する方法が行われてきた。

【0004】 さらに、以上に説明した方法のほか、光導波路装置において分岐、結合、スイッチングの機能を実現する方法としては、導波路基板上に構成された光導波路の経路中に分岐、結合、スイッチング等を行う機能部品を作り込む方法が考えられている。

【0005】 図12は、光分岐機能を実現する従来の部品挿入型光導波路装置の構成を示す図であり、この従来の光導波路装置は、T字状の光導波路1の交差部（機能部品の挿入部分）に、光を分岐する機能部品であるハーフミラー2を入射光の光軸に対して45度の角度で挿入したものである。なお、従来の光導波路装置では、光導波路1のコア幅は一定（コア部とクラッド部との比屈折率差も一定）とされており、このような構成において、入射側光導波路1a（ハーフミラー2に対して入射側）を伝搬する光はハーフミラー2により透過側光導波路1b（ハーフミラー2に対して出射側）と、反射側光導波路1c（ハーフミラー2に対して出射側）とに分岐される。

【0006】 また、このような従来の光導波路装置は、予め導波路基板（図中、四角で示す部分）上に形成したT字状光導波路1の交差部（機能部品の挿入部分）の一部をレーザ加工等により除去してハーフミラー2を挿入するための空間を作った後、機能部品であるハーフミラー2を挿入して製造されていた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 従来の光導波路装置は以上のように、基板上に予め形成したT字状光導波路1の交差部であって、ハーフミラー等の機能部品の挿入部分の一部をレーザ加工等により除去した後、作られた空間に所望機能を実現する機能部品を挿入して製造していたが、光導波路を構成する材料と空間とでは一般的には屈折率が異なるため、この部分で光の回折が生じ、これが過剰損失（伝搬中の光が減衰することにより生ずる伝送損失以外の、他の要因による伝送損失をいう）の原因となる。また、上記機能部品として従来例のようにハーフミラーを挿入する場合、正しい位置に挿入されない、このハーフミラーに入射した光の進路が歪められ、これも過剰損失の原因となる。

【0008】 したがって、上記機能部品を正確に挿入するためには、ミクロンあるいはサブミクロンオーダーの精度で加工される必要があるが、実際にはこの精度要求を満たしつつ機能部品を光導波路の経路中に挿入することは極めて困難であり、また従来から上述したような回折及び部品挿入精度の不良による過剰損失を低減させるための対策は採られていないことから、低損失の光導波路装置を再現性よく、かつ容易（高精度の加工が要求されない）に製造することができないという課題があった。

【0009】 なお、このような課題は光分岐用の光導波

路装置に限られず、光結合やスイッチング等を行う機能部品を挿入する他の部品挿入型の光導波路装置においても同様である。

【0010】この発明は以上のような課題を解決するためになされたもので、製造工程における加工精度の不良に影響されにくい低損失の部品挿入型光導波路装置の構造を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1の第1の発明に係る光導波路装置は、当該光導波路装置に備えられた光導波路であって、光を伝搬する光導波路の経路中において、ハーフミラー等の機能部品を挿入する挿入部分の光パワー分布を、その他の部分の光パワー分布よりも大きくする手段を設けたことを特徴としている。

【0012】さらに、請求項2の第2の発明に係る光導波路装置では、上記光導波路の経路中に機能部品を挿入する複数の挿入部分が存在する場合を想定しており、例えば上記光導波路を格子状に形成して各交差点近傍の光導波路部分を挿入部分として機能部品（ハーフミラー等）を挿入することにより、光導波路型スイッチ等を構成する場合、各機能部品を結合しているこの光導波路部分の光パワー分布を、上記挿入部分における光パワー分布と略一致する手段を、光導波路に設けたことを特徴としている。

【0013】上記第1及び第2の発明において、機能部品の挿入部分と他の部分とで光導波路の光パワー分布を変える第1の手段としては、上記光導波路のコア幅を、機能部品の挿入部分における機能部品への入射側及び出射側のコア幅が、挿入部分以外の部分のコア幅よりも大きくするか、あるいは逆に小さくするように構成することで実現する。特に、第2の発明においては、各機能部品間を結合しているこの光導波路のコア幅を上記機能部品の挿入部分のコア幅と略一致させることにより実現する。

【0014】また、機能部品の挿入部分と他の部分とで光導波路の光パワー分布を変える第2の手段としては、光導波路のコア部とクラッド部との間の比屈折率差を、機能部品の挿入部分における比屈折率差が他の部分の比屈折率差よりも小さくなるように構成することで実現する。

【0015】特に、光パワー分布を変える上記第1の手段の場合、光導波路のコア幅を機能部品の挿入部分近傍においてテーパ状に変えることを特徴としている。

【0016】

【作用】図1は、当該光導波路装置における光導波路の光軸がずれた場合の光過剰損失の光軸ずれ依存性を示すグラフであり、特に、この図1において、点線は光パワー分布幅が $8\mu\text{m}$ の場合を示し、実線は光パワー分布幅が $18\mu\text{m}$ の場合を示している。なお、光パワー分布幅とは、水平方向について光パワーがピーク値の $1/e^2$

以上ある部分の全幅をいう。

【0017】この図1から明らかなように、光パワー分布を拡大することにより、光軸ずれによる光過剰損失の絶対値が小さくなるとともに、過剰損失の光軸ずれ依存性も小さくなることが分かる。このため、第1及び第2の発明に係る光導波路装置のように、光を伝搬する光導波路の経路中において、ハーフミラー等の機能部品を挿入する挿入部分の光パワー分布を他の部分の光パワー分布よりも大きくすることで、機能部品の挿入の際に精度不良があっても、従来のように光パワー分布を拡大しなかった場合と比較して、過剰損失を小さく抑えることを可能にする。

【0018】また、上記光パワー分布は、伝搬される光の波長、光導波路のコア部とクラッド部との間の比屈折率差、コア幅、コア厚さ等により変化する。したがって、機能部品の挿入部分の光パワー分布を大きくするには、色々な手段が考えられるが、上記挿入部分におけるコア幅を他の部分のコア幅と異なる寸法（他の部分におけるコア部の幅よりも大きくするか、あるいは小さくする）にすることが有効な方法と考えられる。

【0019】図2は、光導波路のコア幅と光パワー分布幅との間の関係を示すグラフであり、この図2の例で示す光導波路装置は、光導波路を $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 形とし、光導波路となるコア部とクラッド部との間の比屈折率差は0.3%、コア厚さを $7\mu\text{m}$ として製造したものである。

【0020】この図2からも明らかなように、機能部品の挿入部分以外の光導波路部分のコア幅が例えば $7\mu\text{m}$ である場合には、挿入部分でのコア幅を $7\mu\text{m}$ よりも広くすることで、その部分（挿入部分）の光パワー分布幅が拡大されることが分かる。一方、図2に示すように、コア幅をある一定値よりも狭くした場合にも、光パワー分布幅は拡大される。これは、コア幅を狭めた場合、コア部の光パワー閉込め能力の限界を越えてしまうからであり、したがって、挿入部分以外の部分のコア幅が図2の例で $4\mu\text{m}$ であるならば、機能部品挿入部分でのコア部の幅を $2\mu\text{m}$ 程度に狭めることで、光パワー分布幅を拡大できることが分かる（なお、以上で説明したコア幅の値は、すべてコア厚さが $7\mu\text{m}$ の場合の数値である）。

【0021】さらに、光パワー分布を拡大するためには、光導波路のコア部とクラッド部との間の比屈折率差を小さくする手段を採ることもできる。図3は、コア部とクラッド部との間の比屈折率差と光パワー分布幅のとの間の関係を示すグラフであり、この図3の例で示す光導波路装置は、光導波路を $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 形とし、光導波路となるコア部の幅及び厚さは共に $7\mu\text{m}$ とした。

【0022】この図3から明らかなように、コア部とクラッド部との間の比屈折率差を小さくすることにより光

パワー分布幅を拡大することが可能であることが分かる。

【0023】

【実施例】以下、この発明に係る光導波路装置を図4乃至図11を用いて説明する。なお、図中同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0024】図4は請求項1の第1の発明に係る光導波路装置の一実施例として、光分岐機能を有する部品挿入型の光導波路装置の構成を示す図であり、この第1の発明に係る光導波路装置は、T字状の埋込み型 SiO_2 - TiO_2 光導波路10と、その交差部（機能部品の挿入部分であって、特にこの明細書で挿入部分と記載する場合は交差部を含む近傍の光導波路部分を意味する）に挿入された機能部品たるハーフミラー2とから構成されている。

【0025】特に、上記光導波路10はスパッタ法、CVD法あるいは火炎堆積法等によって製造することができるが、石英系光導波路の場合は火炎堆積法が低損失となつて有効である。火炎堆積法による SiO_2 - TiO_2 光導波路10の製造プロセスは、“低損失石英系光導波路”、オプトロニクス（1992）No. 6に開示されており、その概要は以下の通りである。

【0026】すなわち、まず SiCl_4 と TiCl_4 の混合気体原料を酸水素炎中で燃焼して得られるガラス微粒子を Si 基板（導波路基板）11上に堆積する。この火炎堆積プロセスにおいてガラス微粒子の組成を制御して SiO_2 下部クラッド層（光導波路のクラッド部となる層）と SiO_2 - TiO_2 コア層（光導波路のコア部となる層）からなる2層の微粒子膜を形成する。

【0027】続いて、この2層の微粒子膜（ SiO_2 下部クラッド層及び SiO_2 - TiO_2 コア層）を電気炉中で1000℃以上の高温に加熱して透明なプレーナ光導波膜にし、次に、反応性イオンエッチングを用いて不要なガラス膜部分を除去してリッジ状のコア部12を形成する。

【0028】最後に、再度火炎堆積プロセスによりコア部12を SiO_2 上部クラッド層で覆い、透明ガラス化してクラッド部13を形成することにより当該光導波路装置を製造する。

【0029】この実施例においては、入射側（機能部品に対して入射側）、透過側及び反射側（それぞれ機能部品に対して反射側）の各光導波路10a、10b、10cのコア部12の幅はT字状に形成された機能部品の挿入部分に向かってテーパ状に広げられている。

【0030】テーパ状に広がる以前の光導波路部分のコア幅 W_1 （具体的には、図4におけるA-A線で示す挿入部分以外の光導波路部分12aのコア幅であつて、その断面図を図5（a）に示す）は7 μm 、挿入部分でのコア幅 W_2 （具体的には、図4におけるB-B線で示す挿入部分となる光導波路部分12bのコア幅であ

つて、その断面図を図5（b）に示す）は20 μm 、徐々にコア幅がテーパ状に変化している部分の長さ、すなわちテーパ長Lは2mm、また、コア部1a、12bの厚さTは7 μm 一定とし、コア部12a、12bとクラッド部13との間の比屈折率差は0.3%とした。

【0031】ハーフミラー2は、光導波路10のT字状に形成された機能部品の挿入部分に、入射側光導波路10aを伝搬していく入射光の光軸に対して45度の角度をもつて取り付けられている。このハーフミラー2の取付方法としては種々考えられるが、光導波路10の挿入部分の該当位置にレーザー加工、化学的エッチングあるいは機械的切削加工等の適宜な手段によりハーフミラー挿入用の溝を形成し、そこにハーフミラー2を挿入するのが一般的である。

【0032】特に、この実施例におけるハーフミラー2は、厚さが15 μm 、縦横の寸法が1mmのものが用いられ、波長1.31 μm の光に対してその50%を透過させるとともに、50%を反射させるように設計されている。

【0033】以上のような構成において、機能部品の挿入部分以外の部分（この光導波路部分におけるコア部12bのコア幅は7 μm ）の光パワー分布幅は約8 μm であり、ハーフミラー2周辺の挿入部分（この部分におけるコア部12aの幅は20 μm ）では約20 μm となる。したがって、入射側光導波路10aに波長1.31 μm の光を入射した場合、その光パワー分布はハーフミラー2に接近するにつれて水平方向に拡大し、ハーフミラー2により、入射光の50%が透過側光導波路10b、残りの50%が反射側光導波路10cに導かれる。

【0034】この際、ハーフミラー2の挿入位置に精度不良があり、透過光及び反射光の光軸がずれていた場合も、光パワー分布幅が拡大されているため、すでに作用の欄において図1を参照して説明した通り、光は低損失で各光導波路10b、10cに伝搬される。この損失低減効果を確認的に示したのが図6である。

【0035】すなわち、図6（a）は、上記構成の光導波路装置を20個製造した際の反射側光導波路10cにおける過剰損失を評価した損失度数分布図であり、図6（b）は、コア幅を7 μm と一定にし、他の条件は上記構成と同一とした従来の光導波路装置における損失度数分布図である。

【0036】過剰損失の主要因は、製造工程においてハーフミラー2の挿入位置の精度が悪いために反射光の光軸と反射側光導波路10cのコア部12aの中心がずれてしまうことにあると考えられるが、この図6（a）及び（c）の比較から明らかなように、第1の発明に係る光導波路装置では過剰損失が従来の光導波路装置と比較して小さく、かつ光過剰損失の再現性も改善されている（挿入精度の不良に影響されにくい）ことを確認するこ

とができる。

【0037】上記実施例では、ハーフミラー2周辺の挿入部分における光導波路10のコア部12aの幅を、他の部分のコア部12bの幅よりも広くすることで光パワー分布の拡大を図っているが、前述したようにコア幅を狭めても光パワー分布を拡大することができる。すなわち、上記実施例と同様にコア幅が $7\mu\text{m}$ の場合は、ハーフミラー2周辺の挿入部分におけるコア部12aの幅を $2\mu\text{m}$ 以下に狭めることにより光パワー分布を拡大することができ、この場合もコア幅を広げた場合と同様に過剰損失を低減させることができる。

【0038】また、コア幅を一定に保って構成した場合であっても、ハーフミラー2の挿入部分におけるコア部12aとクラッド部13との間の比屈折率差を小さくすることで、光パワー分布を拡大することができる(図3参照)。比屈折率差を局部的に小さくするためには、この挿入部分におけるコア部12aの屈折率を局部的に小さくすればよく、上記実施例の場合、 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ コア部12aの TiO_2 を周辺のクラッド部13へ拡散させることにより実現する。

【0039】なお、上記実施例では光導波路10として $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 光導波路を示したが、他にも $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 光導波路も低損失の光導波路として使用可能である。この $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 光導波路を用いた場合、コア部の屈折率を小さくするためには、 GeO_2 を所望部分から拡散させることになる。

【0040】以上、ハーフミラー2を光導波路10のT字状に形成した機能部品の挿入部分に挿入して光分岐機能を有する光導波路装置について説明したが、この発明はこれに限定されず、光のスイッチングや結合等を行う他の光導波路装置にも適用可能である。

【0041】さらに、この発明は、光の波長を選択するためにフィルターを光導波路中に挿入した光導波路装置にも適用することができる。フィルターの場合は光軸ずれによる過剰損失は殆どない。しかし、フィルターを挿入するために形成された溝と光導波路との間の屈折率の差による過剰損失を光パワー分布の拡大によって低減することができるので、この発明を適用することが有効となる。

【0042】次に、請求項2の第2の発明に係る光導波路装置として、上述した光のスイッチングや結合等を行う光導波路装置を構成する場合について説明する。

【0043】上述したように、この発明における光導波路は、そのコア幅を変化させて光パワー分布を拡大させる場合、コア幅の急激な変化に伴う過剰損失の増加を防止するため、コア幅をテーパ状に変化させている。そして、光導波路におけるコア部のコア幅を $7\rightarrow 20\rightarrow 7\mu\text{m}$ とテーパ状に変化させた場合についての、テーパ長 L と過剰損失との関係を計算して求めた。図7は、以上のように上記光導波路のテーパ長 L と過剰

損失との関係を示した図であり、この図7から明らかにように、テーパ長 L を $600\mu\text{m}$ 以上とすれば十分な低損失が達成されることが分かる。

【0044】しかしながら、以上の結果から光導波路を機能部品の挿入部分周辺(機能部品の入射側及び出射側)のテーパ長 L を $600\mu\text{m}$ 以上と十分にとり(実施例では $800\mu\text{m}$)、これら光導波路を格子状に形成して各交差点にハーフミラーを入射光の光軸に対して 45 度の角度で挿入して光導波路型スイッチを構成した場合、図8に示すように各交差点となる機能部品の挿入部分間にテーパ状の光導波路が存在することとなるため、光導波路装置としてのサイズが勢い大きくなってしまふ。なお、図8ではハーフミラー2は図示されていないが、光導波路を伝搬する光の光軸に対して 45 度傾けた状態で出し入れすることにより、光を直進あるいは変更させる光導波路型のスイッチを製造することができる。

【0045】そこで、第2の発明に係る光導波路装置として図9に示すように、伝搬されてきた光が複数の挿入部分を通過する前に光導波路10におけるコア幅をテーパ状に徐々に拡大し、コア幅を拡大したまま(一旦拡大した光パワー分布幅を維持した状態で)複数の挿入部分を通過させた後に、再度コア幅をもとに戻すように構成した。この構成により、当該光導波路装置の小型化あるいは機能部品の集積化が可能となる。

【0046】発明者らは以上に説明した第2の発明に係る光導波路装置の効果を確認すべく、以下のような光導波路装置を試作した。すなわち、

(1) 図8に示すように、第1の発明における光導波路を格子状に形成し、ハーフミラー2の挿入部分のみコア幅を拡大して制作した第1の比較例である光導波路型のスイッチ(第1の発明に係る光導波路装置)。この光導波路装置(第1の比較例)では、コア部とクラッド部間の比屈折率差が 0.3% 、コア厚さ $7\mu\text{m}$ であり、ハーフミラー2の挿入部分以外の部分のコア幅が $7\mu\text{m}$ 、挿入部分のコア幅が $20\mu\text{m}$ である。また、コア幅を $7\mu\text{m}$ から $20\mu\text{m}$ へ、あるいは $20\mu\text{m}$ から $7\mu\text{m}$ へ変化させるテーパ長 L は $800\mu\text{m}$ 、光導波路間のコア中心間隔は $1850\mu\text{m}$ である。

【0047】(2) 図9に示すように、第2の発明に係る光導波路装置の一実施例として光導波路型のスイッチの構成を示した図である。この光導波路装置では、コア部とクラッド部間の比屈折率差が 0.3% 、コア厚さ $7\mu\text{m}$ であり、ハーフミラー2の挿入部分間を結合するを格子状に形成し、ハーフミラー2の挿入部分のみコア幅を拡大して制作した光導波路のコア幅は挿入部分と同じ $20\mu\text{m}$ である。また、コア幅を $7\mu\text{m}$ から $20\mu\text{m}$ へ、あるいは $20\mu\text{m}$ から $7\mu\text{m}$ へ変化させるテーパ長 L は $800\mu\text{m}$ 、光導波路間のコア中心間隔は $250\mu\text{m}$ である(なお、図に示した各部のサイズと図中に示

した数値とは必ずしも一致した比率では開示されていない)。

【0048】(3)図10に示すように、従来の光導波路装置として構成した第2の比較例である光導波路型のスイッチ。この従来の光導波路装置(第2の比較例)では、光導波路のコア部とクラッド部間の比屈折率差は0.3%、コア幅は常に7 μ mであり、また、光導波路間のコア中心間隔は250 μ mである。

【0049】以上、3種類の光導波路装置について、波長1.31 μ mの光に対し光スイッチとして機能する光導波路装置をそれぞれ20個試作し、反射側の過剰損失を評価した。その結果を図11に示す。

【0050】この図11において、(a)は上記第1の比較例についての過剰損失の度数分布図、(b)は第2の発明に係る光導波路装置についての過剰損失の度数分布図、さらに、(c)は第2の比較例(従来の光導波路装置)についての過剰損失の度数分布図を示している。

【0051】過剰損失の主要因はミラー挿入位置精度不良のため、反射光の光軸と反射側導波路のコア部中心がずれてしまうことに考えられるが、これらの図からも明らかなように、第1の比較例及びこの第2の発明に係る光導波路装置は第2の比較例(従来の光導波路装置)と比較して、ハーフミラー2(機能部品)の挿入部分においてコア幅が広がっている光導波路は過剰損失がコア幅が一定な光導波路よりも小さいうえ、損失の再現性も改善されることが確認された。

【0052】また、上記第1の比較例とこの第2の発明に係る光導波路装置との比較から、この第2の発明に係る光導波路装置は、第1の比較例と比較して、その大きさが大幅に小さいにもかかわらず、同等な低損失を有することが確認された(この第2の発明によると、上記第1の比較例と同様の効果を得るとともに、さらに小型化が可能)。

【0053】なお、この第2の発明に係る光導波路装置についても、上述した第1の発明に係る光導波路装置のその他の実施例(応用可能な実施態様)が適用することができる。

【0054】

【発明の効果】以上のようにこの第1及び第2の発明によると、光導波路におけるハーフミラー等の機能部品の挿入部分の光パワー分布を、たの部分の光パワー分布よりも大きくしたので、機能部品の挿入に伴う伝送損失を従来の光導波路装置に比べて低減することができるという効果がある。

【0055】さらに、第2の発明によれば、同様の効果

が得られるとともに、第1の発明に係る光導波路装置よりも小型化が可能になるという効果がある。また、これらの光導波路装置は光通信システムや光センサ等の小型化、高機能化において有用な光デバイスとして使用され得るものであり、高精度を要求されずに製造できる十分に量産可能な光導波路装置の提供が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光パワー分布を拡大した場合の光導波路における光軸ずれと光過剰損失との関係を示す図である。

【図2】光導波路のコア幅と光パワー分布幅との関係を示す図である。

【図3】光導波路を構成するコア部及びクラッド部間の比屈折率差と光パワー分布幅との関係を示す図である。

【図4】第1の発明に係る光導波路装置の一実施例(光分岐機能を実現する)による光導波路装置の構成を示す図である。

【図5】(a)は、図4に示した第1の発明及び図9に示した第2の発明に係る光導波路装置において、機能部品の挿入部分以外の光導波路部分のA-A線に沿った断面を示した図であり、(b)は、図4に示した第1の発明及び図9に示した第2の発明に係る光導波路装置において、機能部品の挿入部分のB-B線及びC-C線に沿った断面を示した図である。

【図6】第1の発明に係る光導波路装置(a)及び従来の光導波路装置(b)の損失度数分布図である。

【図7】第1及び第2の発明に係る光導波路装置において、テーパ状に形成された光導波路部分の長さ(テーパ長L)と過剰損失との関係を示した図である。

【図8】第2の発明に係る光導波路装置の比較例(光導波路型スイッチ)の構造を示す図である。

【図9】第2の発明に係る光導波路装置の一実施例(光導波路型スイッチを実現する)による光導波路装置の構成を示す図である。

【図10】第2の発明に係る光導波路装置と比較する従来の光導波路装置(光導波路型スイッチ)の構造を示す図である。

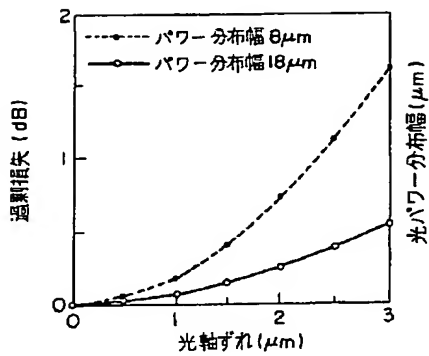
【図11】第1及び第2の発明に係る光導波路装置(a)、比較例(b)、及び従来の光導波路装置(c)の損失度数分布図である。

【図12】従来の光導波路装置の構造を示す図である。

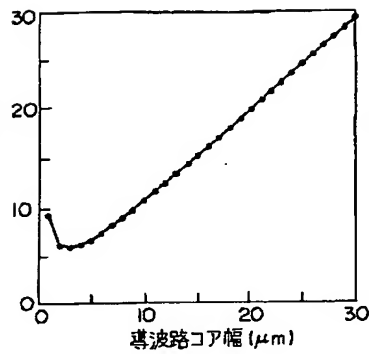
【符号の説明】

2…ハーフミラー、10…光導波路、10a…入射側光導波路、10b…透過側光導波路、10c…反射側光導波路、11…導波路基板(Si基板)、12a、12b…コア部、13…クラッド部。

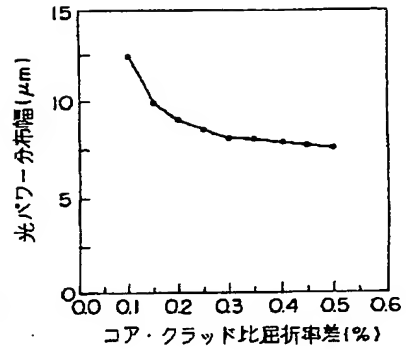
【図 1】



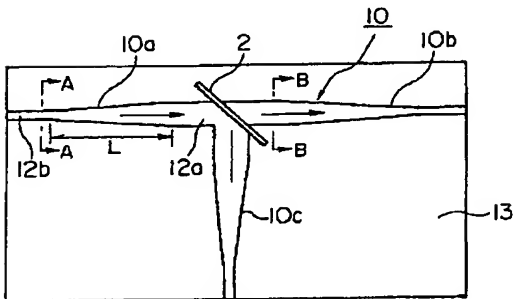
【図 2】



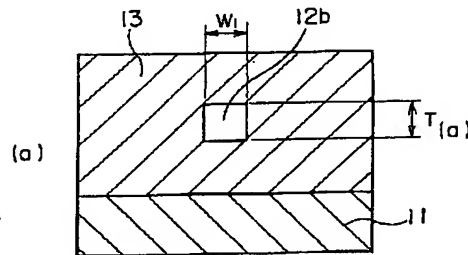
【図 3】



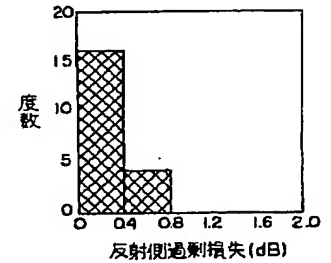
【図 4】



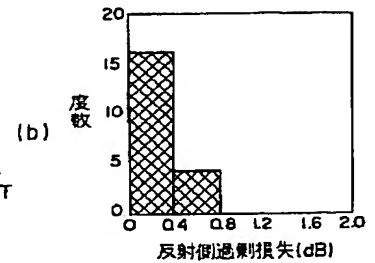
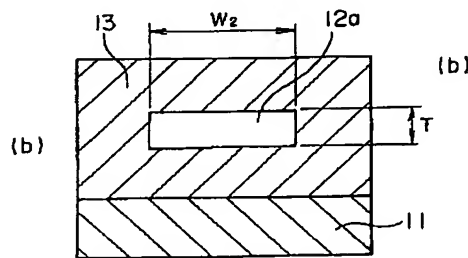
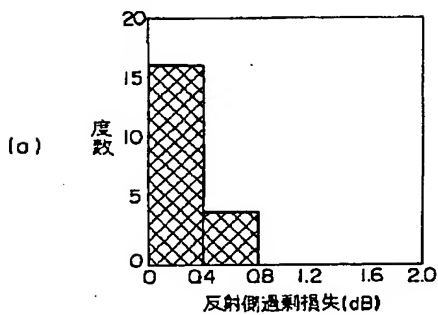
【図 5】



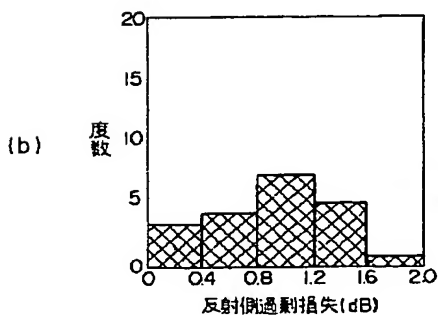
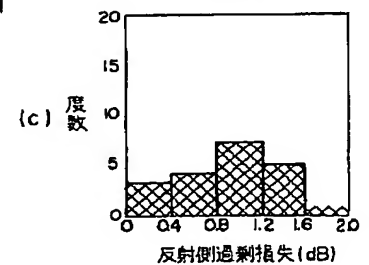
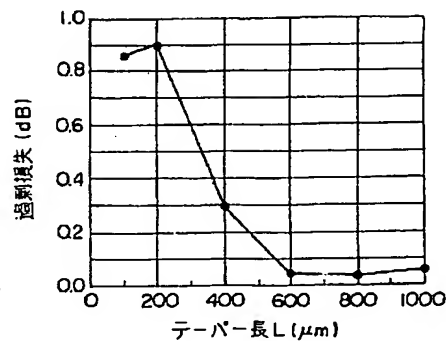
【図 11】



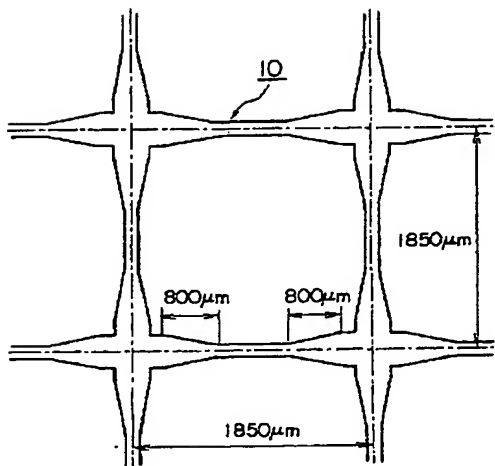
【図 6】



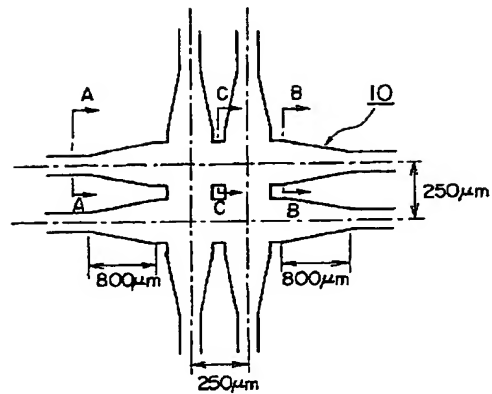
【図 7】



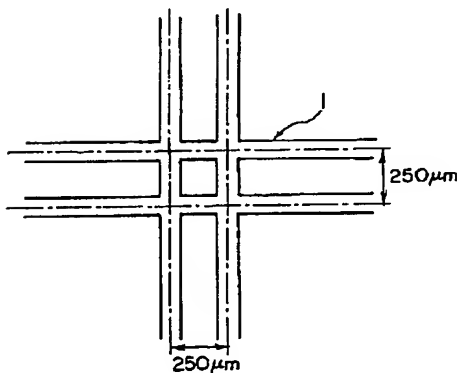
【図8】



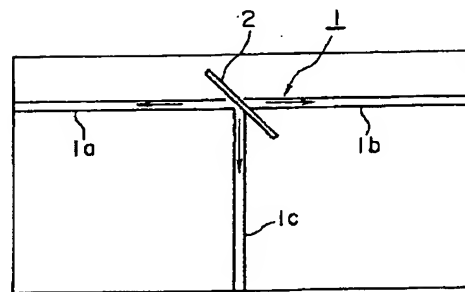
【図9】



【図10】



【図12】



【手続補正書】

【提出日】平成5年7月20日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正内容】

【0029】この実施例においては、入射側（機能部品に対して入射側）、透過側及び反射側（それぞれ機能部品に対して反射側）の各光導波路10a、10b、10cのコア部12の幅はT字状に形成された機能部品の挿入部分に向かってテーパ状に広げられている。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正内容】

【0030】テーパ状に広がる以前の光導波路部分のコア幅 W_1 （具体的には、図4におけるA-A線で示す挿入部分以外の光導波路部分12aのコア幅であって、その断面図を図5（a）に示す）は $7\mu\text{m}$ 、挿入部分でのコア幅 W_2 （具体的には、図4におけるB-B線で示す挿入部分となる光導波路部分12bのコア幅であって、その断面図を図5（b）に示す）は $20\mu\text{m}$ 、徐々にコア幅がテーパ状に変化している部分の長さ、すなわちテーパ長 L は 2mm 、また、コア部1a、12bの厚さ T は $7\mu\text{m}$ 一定とし、コア部12a、12bとクラッド部13との間の比屈折率差は 0.3% とした。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正内容】

【0043】上述したように、この発明における光導波路は、そのコア幅を変化させて光パワー分布を拡大させる場合、コア幅の急激な変化に伴う過剰損失の増加を防止するため、コア幅をテーパ状に変化させている。そして、光導波路におけるコア部のコア幅を $7 \rightarrow 20 \rightarrow 7 \mu\text{m}$ とテーパ状に変化させた場合についての、テーパ

一長 L と過剰損失との関係を計算して求めた。図7は、以上のように上記光導波路のテーパ長 L と過剰損失との関係を示した図であり、この図7から明らかなように、テーパ長 L を $600 \mu\text{m}$ 以上とすれば十分な低損失が達成されることが分かる。

フロントページの続き

(72)発明者 石川 真二
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 齋藤 達彦
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内